

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2002年3月7日 (07.03.2002)

PCT

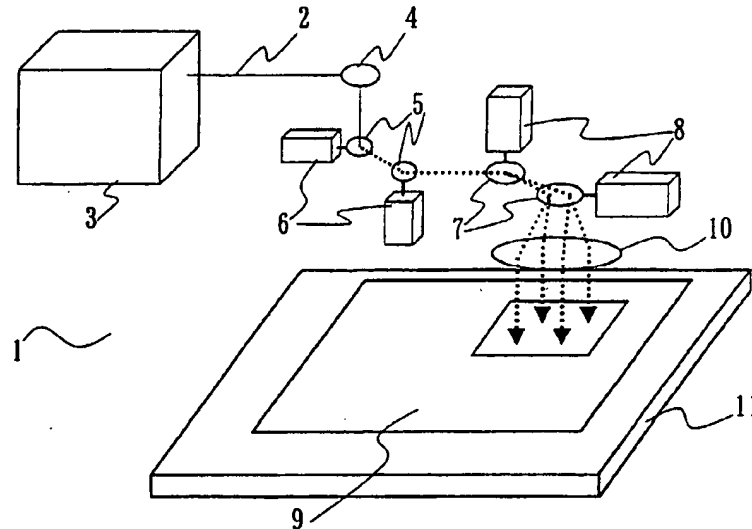
(10) 国際公開番号
WO 02/18090 A1

- (51) 国際特許分類⁷: B23K 26/067, 26/073 (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 阪本雅彦 (SAKAMOTO, Masahiko) [JP/JP]. 竹野祥瑞 (TAKENO, Shozui) [JP/JP]. 祝 靖彦 (IWAI, Yasuhiko) [JP/JP]. 鉢館俊之 (HOKODATE, Toshiyuki) [JP/JP]. 黒澤満樹 (KUROSAWA, Miki) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP01/06504
- (22) 国際出願日: 2001年7月27日 (27.07.2001)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2000-258991 2000年8月29日 (29.08.2000) JP (74) 代理人: 宮田金雄, 外 (MIYATA, Kaneo et al.); 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 Tokyo (JP). (81) 指定国 (国内): CN, DE, JP, KR, US.
- 添付公開書類:
— 国際調査報告書

[続葉有]

(54) Title: LASER MACHINING APPARATUS

(54) 発明の名称: レーザ加工装置



(57) Abstract: A laser machining apparatus comprises a laser oscillator (3) for emitting a laser beam, a main deflection galvano-mirror (7), an Fθ lens (10), and auxiliary deflection means (6) disposed in the optical path between the laser oscillator (3) and the main deflection galvano-mirror (7). The laser machining apparatus further comprises means (19, 28) for splitting the laser beam. The auxiliary deflection means (6) is inserted into an optical path (18b, 26b, 27b) of one split laser beam. The two laser beams (18a, 18b, 26a, 26b, 27a, 27b) are directed from the same main deflection galvano-mirror (7) to the Fθ lens (10). The numerical aperture in the optical path system of the main deflection galvano-mirror (7), the Fθ lens (10) and a work (9) is 0.08 or more.

[続葉有]



2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

レーザ光を発生させるレーザ発振器（3）と、主偏向ガルバノミラー（7）と、F θ レンズ（10）と、レーザ発振器（3）と主偏向ガルバノミラー（7）との間の光路中に設けられた副偏向手段（6）とを備えたレーザ加工装置である。

また、レーザ光を分光させる手段（19、28）を備え、分光された一方のレーザ光の光路（18b、26b、27b）に上記副偏向手段6を挿入すると共に、分光された両レーザ光（18a、18b、26a、26b、27a、27b）を、同一の主偏向ガルバノミラー（7）からF θ レンズ（10）に入射させ、主偏向ガルバノミラー（7）とF θ レンズ（10）と被加工物（9）の光路系における開口数を0.08以上とした。

明 細 書

レーザ加工装置

5 技術分野

この発明は、レーザ加工装置、特に高速微細穴加工等に用いられるレーザ加工装置に関するものである。

背景技術

- 10 第9図は、一般的な穴加工用レーザ加工装置である。図中、レーザ加工装置101は、レーザビーム102を発生するレーザ発振器103と、レーザ発振器103から発射されたレーザビーム102を反射により所望の方向に導くために設けられたベンドミラー104と、光路に沿って順に配置された可動するミラーであるガルバノミラー105a、105
- 15 bとをそれぞれ有するガルバノスキャナ106a、106bと、ガルバノスキャナ106a、106bにより進行方向を制御されたレーザビーム102を被加工物107上に集光するF θ レンズ108と、被加工物107を上面に固定してXY平面上を駆動するXYステージ109とを有する。
- 20 次に、このようなレーザ加工装置を用いて穴加工をする場合の各部の動作について説明する。

- レーザ発振器103で予め設定された周波数と出力値にしたがって発振されるパルス波形を有したレーザビーム102がベンドミラー104によりガルバノスキャナ106a、106bに導かれる。このガルバノ
- 25 スキャナ106a、106bは一方のガルバノミラーがXYステージ109のX方向に対応する方向に回転し、他方のガルバノミラーがY方向

に対応するように設定されている。これにより、レーザビーム 102 を X Y 平面上の限られた範囲であれば任意の位置に走査することが可能である。また、このようなレーザビーム 102 は様々な角度で F θ レンズ 108 に入射するが、この F θ レンズ 108 の光学特性により X Y ステージ 109 に対して垂直に落射するように補正される。

このようにして、レーザビーム 102 はガルバノスキャナ 106 a、106 b によって X Y ステージ 109 上の限られた範囲（以下、スキャンエリア）内であれば X Y 平面上のどの座標に対しても位置決め自在であり、その位置に対応してレーザビーム 102 が照射され被加工物 107 を加工する。

そして、前述したスキャンエリアの加工が終了すると、被加工物 107 の新たなスキャンエリアの対象となる位置に X Y ステージ 109 が移動して、加工が繰り返される。

また、特に被加工物 107 がプリント基板などであり、比較的微細穴の加工を行ないたい場合は、光学系を像転写光学系とする場合がある。第 10 図は、像転写系とした場合の各光学部品の位置関係を示す概略図であり、図中、a は被加工物 101 上でのビームスポット径を設定するための絞り 110 と F θ レンズ 108 との光路上での距離、b は F θ レンズ 108 と被加工物 107 との光路上での距離、f は F θ レンズ 108 の焦点距離である。なお、この F θ レンズ 108 の焦点距離 f と、F θ レンズ 108 と 2 個のガルバノミラー 105 a、105 b 間の光路上での中心位置 111 との距離が等しくなるように設定されている。

このような位置関係となる像転写光学系では、ガルバノミラー 105 a、105 b の有効半径を g r とすると、距離 b に対して距離 a が十分大きい場合、F θ レンズ 108 と被加工物 107 の光路系における開口数 NA は式 (1) で表される。

$$NA = gr / (b^2 + gr^2)^{1/2} \dots (1)$$

また、レーザビームの波長を λ とすると、被加工物上でのビームスポット径 d は式(2)で表される。

$$d = 0.82\lambda / NA \dots (2)$$

- 5 さらに、像転写光学系であることから、 a 、 b 、 f は式(3)の関係が成り立つような位置関係に設定されている。

$$1/a + 1/b = 1/f \dots (3)$$

- したがって、例えば、波長 λ が $9.3\mu\text{m}$ のレーザで、ビームスポット径 d が $95\mu\text{m}$ となるようにしたければ、式(2)より開口数 NA は
- 10 0.08 である必要がある。このように、式(2)からすると、微細穴加工を行うためビームスポット径 d を小さくするには、開口数 NA を大きくする必要がある。

- そのためには、式(1)からガルバノミラーのレーザビームの品質を劣化させることなく反射可能な有効半径 gr を大きくすればよいことが
- 15 わかる。例えば、少なくとも先程のビームスポット径 $d = 95\mu\text{m}$ よりも細いビームスポットを $f = 100\text{mm}$ 、 $a = 1500\text{mm}$ である光学系で達成するためには、式(3)より $b = 107\text{mm}$ であるため、 $NA > 0.08$ とするには式(1)より、 $gr > 8.6\text{mm}$ とする必要があることがわかる。

- 20 このようなレーザ加工装置の生産性を向上させるために、ガルバノスキャナの駆動速度を高速にする必要がある。そのため、一般的にガルバノミラー径を小さくすること、又はガルバノミラーの振れ角を小さくすることが有効であるといわれている。

- また、特開平11-192571号公報には、レーザビームを分岐手段で分岐し、各レーザビームをそれぞれの走査手段で加工位置に導くと
- 25 ともに集束手段により集束して加工するレーザ加工装置が開示されている

る。

さらに、特開平 11-314188 号公報には、レーザ光をハーフミラーで分光し、分光したそれぞれのレーザ光を複数のガルバノスキャナ系に導き、 $f\theta$ レンズを通して複数の加工領域に照射するレーザ加工装置が開示されている。

しかし、ガルバノミラー径を小さくすると、 gr が小さくなり、式 (1) より開口数 NA が小さくなり、結果として式 (2) の関係にあるビームスポット径 d が大きくなり微細穴加工を行うことができないという問題があった。

また、ガルバノミラーの振れ角を小さくすると、個々のスキャンエリアサイズが小さくなるため、スキャンエリア数が増大する。一般に、ガルバノスキャナ 106 による位置決めに必要な時間に比べ、 XY テーブルの位置決めに必要な時間ははるかに長いため、スキャンエリア数が増大し、 XY ステージによる移動回数が増すことで、個々のスキャンエリアでの速度は上がっても全体の生産速度は向上しないという問題があった。

さらに、特開平 11-192571 号公報に開示された装置では、分岐した各レーザビームを制御し集光するために、それぞれのレーザビームに対応したガルバノスキャナ（ガルバノメータとガルバノミラー）と $f\theta$ レンズとが必要となるため、例えばレーザビームを 2 分岐した場合は第 9 図に示したレーザ加工装置の 2 倍のガルバノスキャナと $F\theta$ レンズとが必要となり、コストが増大するという問題があった。また、2 倍の加工速度を得るため 2 枚の被加工物を同時に加工するには XY テーブルの大きさが 2 倍必要となり、加工機が大型化するという問題があった。

またさらに、特開平 11-314188 号公報に開示された装置では、分光したレーザ光をそれぞれ独立した複数のガルバノスキャナ系に導き、

これを $f \theta$ レンズで集光しているため、光路内の最後のガルバノミラーから $F \theta$ レンズへ入射されるレーザ光には大きく斜めから入射することになるため、 $F \theta$ レンズの収差の影響が大きくなり、レーザ光を小さく集光するのが難しいという問題があった。

5

発明の開示

この発明は、このような問題点を解消するためになされたもので、微細加工を行なう上での生産性を向上しながらもコスト増を抑制し、なおかつ大型化しないレーザ加工装置を提供することを目的とするものである。

10

第一のレーザビームの進行方向を任意の方向にミラーによって偏向する第一のスキナと、

第二のレーザビームと第一のスキナを通過した第一のレーザビームの進行方向を任意の方向にミラーによって偏向する第二のスキナと、

15

第二のスキナを通過した第二のレーザビームと第一のレーザビームとを集光するレンズとを有する。

また、第一のレーザビームと第二のレーザビームとは偏光方向が異なり、

一方のレーザビームを反射し他方のレーザビームを透過するビームスプリッタを第二のスキナ手前に有し、ビームスプリッタからのレーザビームを第二のスキナに伝播する構成である。

20

さらに、発振器と、

発振器から発振された直線偏光のレーザビームを第一のレーザビームと第二のレーザビームとに分光する回折光学素子と、

25

第二のレーザビームの偏光方向を変更する位相板とを有する。

またさらに、発振器と、

発振器から発振された円偏光のレーザビームをそれぞれ異なる偏光方向を有する第一のレーザビームと第二のレーザビームとに分光する分光用ビームスプリッタとを有する。

- さらにまた、回折光学素子手前に絞りを設け、レンズ後に設ける被加工物との間で像転写光学系を形成可能である。
- 5

また、分光用ビームスプリッタ手前に絞りを設け、レンズ後に設ける被加工物との間で像転写光学系を形成可能である。

さらに、回折光学素子からレンズまでの第一のレーザビームが伝播する距離と、

- 10 回折光学素子からレンズまでの第二のレーザビームが伝播する距離とを略同距離とする。

またさらに、分光用ビームスプリッタからレンズまでの第一のレーザビームが伝播する距離と、

- 分光用ビームスプリッタからレンズまでの第二のレーザビームが伝播する距離とを略同距離とする。
- 15

さらにまた、第二のスキヤナのミラー径と、レンズから被加工物までの距離とから求められる開口数を0.08以上となるようにする。

第一のレーザビームの進行方向を任意の方向にミラーによって偏向する第一のスキヤナと、

- 20 第二のレーザビームと第一のスキヤナを通過した第一のレーザビームの進行方向を任意の方向にミラーによって偏向する第二のスキヤナと、
第一のスキヤナを通過した第一のレーザビームの進行方向を任意の方向にミラーによって偏向する第三のスキヤナと、
第二のスキヤナを通過した第二のレーザビームと第三のスキヤナを通過
25 した第一のレーザビームとを集光するレンズとを有する。

また、第一のスキヤナ手前の第一のレーザビームの進行方向上または

第二のスキヤナ手前の第二のレーザビームの進行方向上の少なくとも一方に絞りを設け、レンズ後に設ける被加工物との間で像転写光学系を形成可能である。

- さらに、第二のスキヤナのミラー径と、レンズから被加工物までの距離とから求められる開口数を0.08以上となるようにする。

レーザビームの進行方向を任意の方向にミラーによって偏向する第一のスキヤナと、

第一のスキヤナを通過したレーザビームの進行方向を任意の方向にミラーによって偏向する第二のスキヤナと、

- 10 第二のスキヤナを通過したレーザビームを集光するレンズとを有し、第一のスキヤナは第二のスキヤナに比べレーザビームを偏向する角度が小さく設定されている。

また、第一のスキヤナ手前に絞りを設け、レンズ後に設けた被加工物との間で像転写光学系を形成する。

- 15 さらに、第二のスキヤナのミラー径と、レンズから被加工物までの距離とから求められる開口数を0.08以上となるようにする。

このようにすることで、被加工物へのビーム照射数を増やすことができ、生産性を向上することができ、また、微細穴加工であっても同じように生産性を向上できる。

20

図面の簡単な説明

第1図は、この発明の実施の形態1におけるレーザ加工装置の概略図である。

- 25 第2図は、この発明の実施の形態1におけるレーザ照射位置を説明する説明図である。

第3図は、この発明の実施の形態1における光学系の構成を示す構成

図である。

第 4 図は、この発明の実施の形態 2 におけるレーザ加工装置の概略図である。

第 5 図は、この発明の実施の形態 2 におけるレーザ照射位置を説明する説明図である。

第 6 図は、この発明の実施の形態 3 におけるレーザ加工装置の概略図である。

第 7 図は、この発明の実施の形態 3 における光学系の構成を示す構成図である。

10 第 8 図は、この発明の実施の形態 4 におけるレーザ加工装置の概略図である。

第 9 図は、従来のレーザ加工装置を示す図である。

第 10 図は、従来の光学系の構成を示す構成図である。

15 発明を実施するための最良の形態
実施形態 1.

第 1 図は、この実施形態におけるレーザ加工装置である。図中、レーザ加工装置 1 は、レーザビーム 2 を発生するレーザ発振器 3 と、レーザ発振器 3 から発射されたレーザビーム 2 を反射により所望の方向に導くために設けられたベンドミラー 4 と、光路に沿って順に配置され可動することでレーザビーム 2 を偏向する副偏向ガルバノミラー（第一のガルバノミラー）5 を有する副偏向ガルバノスキャナ（第一のガルバノスキャナ）6 と、光路に沿って順に配置され可動することでレーザビーム 2 を偏向する主偏向ガルバノミラー（第二のガルバノミラー）7 を有する
25 ガルバノスキャナ（第二のガルバノスキャナ）8 と、レーザビーム 2 を被加工物 9 上に集光する F θ レンズ 10 と、被加工物 9 を上面に固定し

てXY平面上を駆動するXYステージ11とを有する。この副偏向ガルバノミラー5はXYステージ11のX方向に対応したガルバノミラーとY方向に対応したガルバノミラーの2枚のガルバノミラーから構成され、これらのミラーを駆動するために副偏向ガルバノスキャナは2台設けられてい

5 る。また、主偏向ガルバノミラー7についても同様にXYステージ11のX方向に対応したガルバノミラーとY方向に対応したガルバノミラーの2枚のガルバノミラーから構成され、これらのミラーを駆動するために主偏向ガルバノスキャナも2台設けられている。

次に、この発明による装置の動作について説明する。

10 レーザ発振器3で予め設定された周波数と出力値にしたがって発振されるパルス波形を有したレーザービーム2は、ベンドミラー4により副偏向ガルバノスキャナ6の副偏向ガルバノミラー5、主偏向ガルバノスキャナ8の副偏向ガルバノミラーが7に導かれる。

これにより、副偏向ガルバノスキャナ6と主偏向ガルバノスキャナ8

15 とを駆動することで、レーザービーム2をXY平面上の限られた範囲であれば任意の位置に走査することが可能である。また、このようなレーザービーム2は様々な角度でF θ レンズ10に入射するが、このF θ レンズ10の光学特性によりXYステージ11に対して垂直に落射するように補正される。

20 第2図は、この実施の形態における被加工物9上でのガルバノスキャンエリアの説明図である。

図中、レーザービーム2を大角度偏向する主偏向手段である主偏向ガルバノスキャナ8が走査可能な範囲がスキャンエリア12の内部には、レーザービーム2を小角度偏向する副偏向手段である副偏向ガルバノスキャナ6が走査可能な範囲であるサブスキャンエリア13が設けられてい

25 る。

これらの関係について具体的に例を挙げて説明すると、スキャンエリ

ア12が一辺50mmの正方形領域とした場合、サブスキャンエリア13を一辺5mmの正方形の領域とすれば、主偏向スキャンエリア内にサブスキャンエリア12が最大100個構成できることになる。

このように分割されたスキャンエリアに対応する副偏向ガルバノスキャナ6と主偏向ガルバノスキャナ8の動作について説明する。

副偏向ガルバノスキャナ6と主偏向ガルバノスキャナ8はそれぞれ特に制御装置（図示せず）から指令を受けていない状態では、ある特定の基準位置に保持されている。この基準位置は光路の調整及び制御上の設定により変更可能であるが、ここでは、レーザビーム2が、それぞれのガルバノミラー偏向中心を通る状態でレーザビーム2がスキャンエリア12の中心に落射する位置を基準位置とする。

まず、レーザビーム2の落射位置が、スキャンエリア12の基準位置から、主偏向ガルバノスキャナ8を駆動することにより、予め設定されたサブスキャンエリア13の中心となる位置14に移動する。次いで、この位置で主偏向ガルバノスキャナ8は保持され、副偏向ガルバノスキャナ6を駆動することによりサブスキャンエリア13内の加工が行われる。このようにして、一つのサブスキャンエリア13の加工が終了すると、主偏向ガルバノスキャナ8を駆動することで、次のサブスキャンエリアの中心位置へレーザビーム2の落射位置が移動され、加工が行われる。このような動作が一つのスキャンエリア12の全範囲での加工が終了するまで繰り返され、終了したらXYステージ11を駆動して次のスキャンエリアの加工が行なわれ、被加工物9上に設定された予定範囲すべての加工が終わるまで繰り返される。

第3図は、この実施形態の各光学部品的位置関係を示す概略図であり、図中、実線で表される光束はレーザ発振器3のレーザ出力部もしくはその前方の光路途中に配置した絞り15、副偏向ガルバノミラー5の2枚

のガルバノミラー間における光軸方向の中心位置 16、主偏向ガルバノミラー 7 の 2 枚のガルバノミラー間における光軸方向の中心位置 17 及び F θ レンズ 10 を通って被加工物 9 上に到達するレーザービーム 2 を表している。なお、この時各ガルバノミラーは基準位置に保持されている。

- 5 一方、点線で表される光束は副偏向ガルバノミラー 5 が基準位置から変化したことにより偏向したレーザービーム 2 である。図に示すように、副偏向ガルバノミラー 6 によりレーザービーム 2 が偏向（オフセット）されて、主偏向ガルバノミラーから部分的にはみ出すことを考慮する必要がある。
- 10 そのために、直径約 100 μm 以下の微細穴を加工する場合、(1) 式に示したように、F θ レンズ 10 と被加工物 9 との距離や主偏向ガルバノミラー 7 の有効径の他にも、主偏向ガルバノミラー 7 と副偏向ガルバノミラー 5 との位置関係や副偏向ガルバノミラー 5 の偏向角度にも注意して主偏向ガルバノミラー 7 からレーザービームがこぼれないようにし
- 15 て、開口数 NA について、 $NA > 0.08$ が保持されるようにしなければならない。

- このようにして、副偏向ガルバノミラー 5 を小角度だけ動かすことで比較的狭いサブスキャンエリア内であれば高速の位置決めが可能となり、加工時間は短縮され、サブスキャンエリア間の移動には主偏向ガルバノ
- 20 スキャナを用いるため、XY ステージによる移動に比べ高速の移動が可能であり、移動時間が短縮される。

- なお、この実施の形態では副偏向させるための手段としてガルバノミラーを駆動するガルバノスキャナを用いているが、ピエゾなどの圧電素子を用いて素子に電流を加えることでレーザービームを偏向するスキャナ
- 25 や、超音波周波数に応じてレーザービームの偏向角度を変化させる音響光学素子によるスキャナを用いてもよい。

実施形態 2.

第4図は、この発明の実施形態2におけるレーザ加工装置の概略図である。なお、この実施の形態では、実施の形態1と同じ名称の構成については同じ付番を記す。

- 5 図中、レーザ加工装置1は、レーザ発振器3（図示せず）から発射された直線偏光のレーザビーム18を被加工物9上で任意のビームスポット径に設定するための絞り15と、この絞り15を通過したレーザビーム18を第二のレーザビーム（以下、レーザビーム18a）と第一のレーザビーム（以下、レーザビーム18b）とに分光するための分光手段
- 10 19と、レーザビーム18aの偏光方向を90度回転させる位相板20と、光路に沿って順に配置され可動することでレーザビーム18bを小角度偏向する副偏向ガルバノミラー5を有するガルバノスキャナ6と、位相板20によって90度回転したレーザビーム18a（S偏光）を反射するとともに副偏向ガルバノミラー5からのレーザビーム18b（P
- 15 偏光）を透過する偏光ビームスプリッタ21と、偏光ビームスプリッタ21からのレーザビーム18a、18bを大角度偏向させる主偏向ガルバノミラー7を有する主偏向ガルバノスキャナ8と、レーザビーム18a、18bを被加工物9上に集光するF θ レンズ10と、被加工物9を上面に固定してXY平面上を駆動するXYステージ11（図示せず）と
- 20 を有する。なお、副偏向ガルバノスキャナ6は、偏光ビームスプリッタ21の外にもレーザビーム18bを導くことができるため、このような場合にレーザビーム18bを受け吸収するビームアブソーバ22が設けられている。

- なお、レーザビーム18a、18bの光路の向きを変更するためには
- 25 ベンドミラー4が用いられる。また、第4図上では表示を省略しているが、副偏向ガルバノミラー5、副偏向ガルバノスキャナ6主偏向ガルバ

ノミラー7、及び主偏向ガルバノスキャナ8は実施の形態1と同様にX-Y平面上のどの位置にもレーザビーム照射可能なようにするためにX方向に駆動するミラーとスキャナとY方向に駆動するミラーとスキャナとから構成されている。

5 次に、この発明の実施形態2における動作について説明する。

直線偏光であるレーザビーム18は、分光手段19により強度比1:1のレーザビーム18a、18bに分光され、レーザビーム18aの偏光方向を位相板20で90度回転させS偏光とする。この分光手段19には、素子の汚れ等に係わらず分光比を安定させることができるため、
10 回折光学素子が適している。また、位相板20には $\lambda/2$ 板または相当品を用いている。

このようにして、S偏光となったレーザビーム18aは偏光ビームスプリッタ21で反射され、主偏向ガルバノスキャナ8によって、被加工物9上への照射位置が決定される。一方、分光手段19で分光されたレーザビーム18bはP偏光のままで副偏向ガルバノスキャナ6へ入射し、
15 さらに、主偏向ガルバノスキャナ8にレーザビーム18aとは異なる位置に入射する。従って、レーザビーム18aの被加工物9上への照射位置に対するレーザビーム18bの被加工物9への相対的な照射位置は、副偏向ガルバノスキャナ8により決定される。

20 第5図は、この実施の形態のレーザ加工装置で被加工物へ照射した場合の、レーザ照射位置の概略図である。

図中、被加工物9上の主偏向ガルバノスキャナ8によりスキャンエリア12内には、一回のレーザ発振器3（図示せず）からのレーザビーム18の照射により、主偏向ガルバノスキャナ8による位置決定で、レーザビーム18aによるビーム照射位置23とレーザビーム18bによる
25 ビーム照射位置24へレーザビーム18a、18bが同時に照射される。

また、被加工物 9 上のスキャンエリア 1 2 内での加工予定穴数が奇数である場合など、レーザービームが必ずしも 2 箇所照射されて、常に良いとは限らない場合がある。このようなときは、主偏向ガルバノスキャナ 8 でレーザービーム 1 8 a だけを所望の位置 2 5 に照射し、レーザービーム 1 8 b は副偏向ガルバノスキャナ 6 によりビームアブソーバ 2 2 に吸収させて、主偏向ガルバノスキャナ 8 へ入射させないようにする。

なお、この実施形態の各光学部品の位置関係は、第 3 図と同様に表せる。すなわち、第 3 図中の点線が副偏向ガルバノスキャナ 6 で偏向されるレーザービーム 1 8 b の光束に相当する。従って、開口数 NA を、NA > 0.08 となるように保持するための考え方は実施の形態 1 と同様である。

このような装置構成とすることで 2 点に同時にレーザービームを照射することができるため、加工時間が短縮される。

また、F θ レンズは一つで済むため、コストアップを防ぐことができるとともに加工機の大型化を防ぐことができる。

実施形態 3.

第 6 図は、この発明の実施形態 3 におけるレーザー加工装置の概略図である。なお、この実施の形態では、実施の形態 1 と同じ名称の構成については同じ付番を記す。

図中、レーザー加工装置 1 は、レーザー発振器 3 (図示せず) から発射されたレーザービーム 2 6 を被加工物 9 上で任意のビームスポット径に設定するための絞り 1 5 と、この絞り 1 5 を通過したレーザービーム 2 6 をレーザービーム 2 6 a とレーザービーム 2 6 b とに分光するための分光手段 1 9 と、光路に沿って順に配置され可動することでレーザービーム 2 6 b を小角度偏向する第一の副偏向ガルバノミラー 5 a を有するガルバノスキャナ 6 a と、光路に沿って、このガルバノスキャナ 6 a の後に配置され可動

5 することでレーザービーム26bを小角度偏向する第二の副偏向ガルバノミラー5bを有するガルバノスキャナ6bと、レーザービーム26a、26bを大角度偏向させる主偏向ガルバノミラー7を有する主偏向ガルバノスキャナ8と、レーザービーム26a、26bを被加工物9上に集光するF θ レンズ10と、被加工物9を上面に固定してXY平面上を駆動するXYステージ11（図示せず）とを有する。なお、第一の副偏向ガルバノスキャナ6aは、第二の副偏向ガルバノミラー5bの外にもレーザービーム26bを導くことができるため、このような場合にレーザービーム26bを受け吸収するビームアブソーバ22が設けられている。

10 なお、レーザービーム26a、26bの光路の向きを変更するためにはベンドミラー4が用いられる。また、第6図上では表示を省略しているが、第一の副偏向ガルバノミラー5a、第一の副偏向ガルバノスキャナ5b、第二の副偏向ガルバノミラー6a、第二の副偏向ガルバノスキャナ6b、主偏向ガルバノミラー7、及び主偏向ガルバノスキャナ8は実施の形態1と同様にXY平面上のどの位置にもレーザービーム照射可能なようにするためにX方向に駆動するミラーとスキャナとY方向に駆動するミラーとスキャナとから構成されている。

20 このように、第一の副偏向ガルバノスキャナ33と第二の副偏向ガルバノスキャナ6bとを設けることで、分光されたレーザービーム26a、26bが、F θ レンズ10の前焦点位置でF θ レンズ軸上にある主偏向ガルバノスキャナ8を通過するようにしている。

次に、この発明の実施形態3における動作について説明する。

25 レーザービーム26は、分光手段19により強度比1:1のレーザービーム26a、26bに分光される。この分光手段19には、素子の汚れ等に係わらず分光比を安定させることができるため、回折光学素子が適している。

このようにして、レーザビーム 26 a は主偏向ガルバノスキャナ 8 へ入射し、被加工物 9 上への照射位置が決定される。一方、分光手段 19 で分光されたレーザビーム 26 b は第一の副偏向ガルバノスキャナ 6 a へ入射し、さらに、第二の副偏向ガルバノスキャナ 6 b へ入射し、次いで、主偏向ガルバノスキャナ 8 にレーザビーム 26 a とは異なる位置に入射する。従って、レーザビーム 26 a の被加工物 9 上への照射位置に対するレーザビーム 26 b の被加工物 9 への相対的な照射位置は、第一の副偏向ガルバノスキャナ 6 a 及び第二の副偏向ガルバノスキャナ 6 b により決定される。

- 10 これら第一の副偏向ガルバノミラー 5 a と第二の副偏向ガルバノミラー 5 b と主偏向ガルバノミラー 8 との関係は、まず、第一の副偏向ガルバノミラー 5 a を、レーザビーム 26 b の照射位置に相当する角度だけ傾けるとともに、第二の副偏向ガルバノミラー 5 b で、レーザビーム 26 b が F θ レンズ 10 の中心軸上で F θ レンズ 10 の前焦点位置に相当する位置を通過するように戻す。これにより、レーザビーム 26 b は、
- 15 F θ レンズ 10 の中心軸上で F θ レンズ 10 の前焦点位置に相当する位置に設置された主偏向ガルバノミラー 7 の有効範囲内を通過することになる。

- 第 7 図は、この実施形態の各光学部品の位置関係を示す概略図であり、
- 20 図中、実線で表される光束は絞り 15、主偏向ガルバノミラー 8 を構成する 2 枚のガルバノミラー間における光軸方向の中心位置、F θ レンズ 10 を通って被加工物 9 上に到達するで示されたレーザビーム 26 a である。一方、レーザビーム 26 b は、第二の副偏向ガルバノスキャナ 6 b により、レーザビーム 26 b が F θ レンズ 10 の中心軸上の F θ レンズ 10 の前焦点位置に相当する位置を通過するので、主偏向ガルバノミ
- 25 ラー 8 にオフセットなく照射される。これは第 7 図中で点線で表される

光束のように、絞り 15 の位置が光軸方向に対して直角に移動したのと同様である。

このような光路系が構成されるため、この実施の形態の装置では、主偏向ガルバノミラーの有効径を決定する上で、副偏向ガルバノスキャナ
5 によりレーザビームが振られることを考慮する必要がなく、微細径を保持したまま副偏向ガルバノスキャナと主偏向ガルバノスキャナにより同時にビーム照射可能な範囲が広がり、加工速度が向上する。ただし、微細穴加工を行うために開口数 $NA > 0.08$ となるようにガルバノミラー有効径以外の要素（例えば $F\theta$ レンズと被加工物との距離）について
10 は考慮する必要がある。

また、この実施の形態の装置で被加工物へ照射した場合は、実施の形態 2 で第 5 図に示したものと同じように、レーザビーム 26a とレーザビーム 26b とが二箇所同時に照射される。また、一個所だけ照射する場合は、第一の副偏向ガルバノスキャナ 6a によりレーザビーム 26b
15 をビームアブソーバ 22 に吸収させる。

さらに、実施の形態 2 及び実施の形態 3 において、副偏向ガルバノスキャナはそれぞれ 2 個のガルバノミラーを用いているが、それぞれ 1 個のガルバノミラーとする構成でもよい。この場合、被加工物 9 上で XY 平面内の 1 方向だけの走査となるが、加工穴の配置によっては有効であるとともに、ガルバノミラーの数が少なくなることで装置構成が簡略になる。
20

なお、以上の実施形態ではレーザ加工装置を微細穴加工に適用する場合について説明したが、その他のレーザ加工にも適用できることは言うまでもない。

25 実施の形態 4.

第 8 図は、この発明の実施の形態 4 におけるレーザ加工装置の概略図

である。なお、この実施の形態では、実施の形態1及び実施の形態2と同じ名称の構成については同じ付番を記す。

図中、レーザ加工装置1は、レーザ発振器3（図示せず）から発射された円偏光のレーザビーム27を被加工物9上で任意のビームスポット
5 径に設定するための絞り15と、この絞り15を通過したレーザビーム27をレーザビーム27aとレーザビーム27bとに分光するための分光用偏向ビームスプリッタ28と、分光用偏向ビームスプリッタ28に対してP偏光であるレーザビーム27aを合成用偏光ビームスプリッタ29に対して、S偏光となるように組み合わせられたベンドミラー4と、
10 光路に沿って順に配置され可動することで分光用偏向ビームスプリッタ28で分光されたレーザビーム27bを小角度偏向する副偏向ガルバノミラー5を有する副偏向ガルバノスキャナ6と、S偏光となったレーザビーム27aと副偏向ガルバノミラー5からのレーザビーム27bとを合成する合成用偏光ビームスプリッタ29と、合成用偏光ビームスプリ
15 ッタ29からのレーザビーム27a、27bを大角度偏向させる主偏向ガルバノミラー7を有する主偏向ガルバノスキャナ8と、レーザビーム27a、27bを被加工物9上に集光するF θ レンズ10と、被加工物9を上面に固定してXY平面上を駆動するXYステージ11（図示せず）とを有する。なお、副偏向ガルバノスキャナ6は、合成用偏向ビ
20 ムスプリッタ29の外にもレーザビーム27bを導くことができるため、このような場合にレーザビーム27bを受け吸収するビームアブソーバ22が設けられている。

なお、レーザビーム27bの光路の向きを変更する場合もベンドミラー4が用いられる。また、第8図上では表示を省略しているが、副偏向
25 ガルバノミラー5、副偏向ガルバノスキャナ6主偏向ガルバノミラー7、及び主偏向ガルバノスキャナ8は実施の形態1と同様にXY平面上のど

の位置にもレーザービーム照射可能なようにするためにX方向に駆動するミラーとスキャナとY方向に駆動するミラーとスキャナとから構成されている。

次に、この発明の実施形態4における動作について説明する。

- 5 円偏光であるレーザービーム27は、分光用偏光ビームスプリッタ28により強度比1:1のレーザービーム27a、27bに分光され、レーザービーム27aの偏光方向をベンドミラー4で変更し合成用偏光ビームスプリッタ29に対してS偏光とする。

- このようにして、合成用偏光ビームスプリッタ29に対してS偏光とな
10 ったレーザービーム27aは合成用偏光ビームスプリッタ29から、主偏向ガルバノスキャナ8へ入射し、被加工物9上への照射位置が決定される。一方、分光用偏光ビームスプリッタ28で分光されたレーザービーム27bは副偏向ガルバノスキャナ6へ入射し、さらに、合成用偏光ビームスプリッタ29から主偏向ガルバノスキャナ8にレーザービーム27
15 aとは異なる位置に入射する。従って、レーザービーム27aの被加工物9上への照射位置に対するレーザービーム27bの被加工物9への相対的な照射位置は、副偏向ガルバノスキャナ6により決定される。

- なお、この実施形態の各光学部品の位置関係は、第3図と同様に表せる。すなわち、第3図中の点線が副偏向ガルバノスキャナ6で偏向され
20 るレーザービーム27bの光束に相当する。

また、以上の実施の形態2～4までのレーザー加工装置で、分光した第一のレーザービームと第二のレーザービームの伝播する光路長を同距離とすれば、被加工物上で同じ穴径の加工が可能であることはいうまでもない。

25 産業上の利用可能性

以上のように、本発明に係るレーザー加工装置は、被加工物にレーザービームを照射することで加工を行なう装置として有用である。

請 求 の 範 囲

1. 第一のレーザービームの進行方向を任意の方向にミラーによって偏向する第一のスキヤナと、
- 5 第二のレーザービームと前記第一のスキヤナを通過した前記第一のレーザービームの進行方向を任意の方向にミラーによって偏向する第二のスキヤナと、
前記第二のスキヤナを通過した前記第二のレーザービームと前記第一のレーザービームとを集光するレンズとを有することを特徴とするレーザー加工装置。
- 10 2. 第一のレーザービームと第二のレーザービームとは偏光方向が異なり、一方のレーザービームを反射し他方のレーザービームを透過するビームスプリッタを第二のスキヤナ手前に有し、前記ビームスプリッタからのレーザービームを前記第二のスキヤナに伝播する構成であることを特徴とする
- 15 請求の範囲第1項記載のレーザー加工装置。
3. 発振器と、
前記発振器から発振された直線偏光のレーザービームを第一のレーザービームと第二のレーザービームとに分光する回折光学素子と、
前記第二のレーザービームの偏光方向を変更する位相板とを有することを
- 20 特徴とする請求の範囲第2項記載のレーザー加工装置。
4. 発振器と、
前記発振器から発振された円偏光のレーザービームをそれぞれ異なる偏光方向を有する第一のレーザービームと第二のレーザービームとに分光する分光用ビームスプリッタとを有することを特徴とする請求の範囲第2項記
- 25 載のレーザー加工装置。
5. 回折光学素子手前に絞りを設け、レンズ後に設ける被加工物との間

で像転写光学系を形成可能であることを特徴とする請求の範囲第3項記載のレーザ加工装置。

6. 分光用ビームスプリッタ手前に絞りを設け、レンズ後に設ける被加工物との間で像転写光学系を形成可能であることを特徴とする請求の範囲第4項記載のレーザ加工装置。

7. 回折光学素子からレンズまでの第一のレーザビームが伝播する距離と、

- 前記回折光学素子から前記レンズまでの第二のレーザビームが伝播する距離とを略同距離とすることを特徴とする請求の範囲第5項記載のレーザ加工装置。

8. 分光用ビームスプリッタからレンズまでの第一のレーザビームが伝播する距離と、

- 前記分光用ビームスプリッタから前記レンズまでの第二のレーザビームが伝播する距離とを略同距離とすることを特徴とする請求の範囲第6項記載のレーザ加工装置。

9. 第二のスキヤナのミラー径と、レンズから被加工物までの距離とから求められる開口数を0.08以上となるようにすることを特徴とする請求の範囲第5項から請求の範囲第8項いずれか記載のレーザ加工装置。

10. 第一のレーザビームの進行方向を任意の方向にミラーによって偏向する第一のスキヤナと、

第二のレーザビームと前記第一のスキヤナを通過した前記第一のレーザビームの進行方向を任意の方向にミラーによって偏向する第二のスキヤナと、

- 前記第一のスキヤナを通過した前記第一のレーザビームの進行方向を任意の方向にミラーによって偏向する第三のスキヤナと、

前記第二のスキヤナを通過した前記第二のレーザビームと前記第三のスキヤナと、

キャナを通過した前記第一のレーザビームとを集光するレンズとを有することを特徴とするレーザ加工装置。

- 1 1. 第一のスキヤナ手前の第一のレーザビームの進行方向上または第二のスキヤナ手前の第二のレーザビームの進行方向上の少なくとも一方
5 に絞りを設け、レンズ後に設ける被加工物との間で像転写光学系を形成可能であることを特徴とする請求の範囲第10項記載のレーザ加工装置。

1 2. 第二のスキヤナのミラー径と、レンズから被加工物までの距離とから求められる開口数を0.08以上となるようにすることを特徴とする請求の範囲第11項記載のレーザ加工装置。

- 10 1 3. レーザビームの進行方向を任意の方向にミラーによって偏向する第一のスキヤナと、

前記第一のスキヤナを通過した前記レーザビームの進行方向を任意の方向にミラーによって偏向する第二のスキヤナと、

- 15 前記第二のスキヤナを通過した前記レーザビームを集光するレンズとを有し、

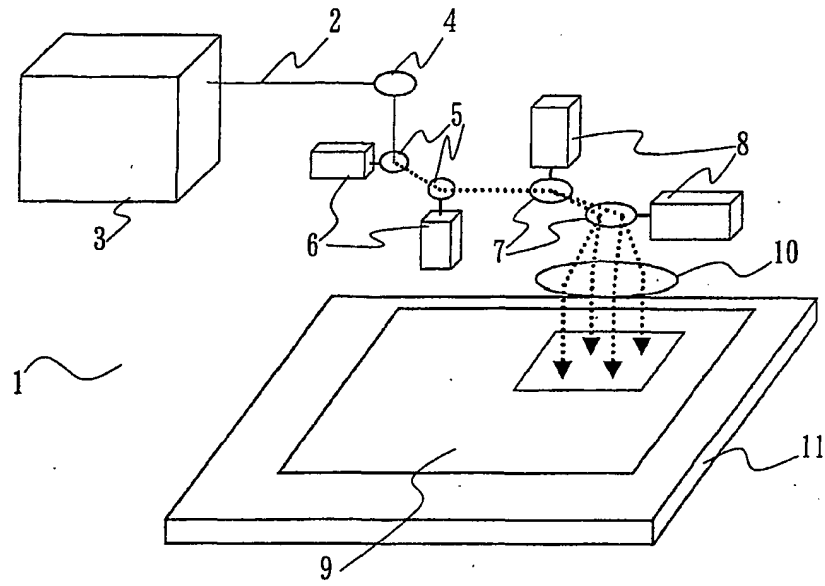
前記第一のスキヤナは前記第二のスキヤナに比べ前記レーザビームを偏向する角度が小さく設定されていることを特徴とするレーザ加工装置。

- 1 4. 第一のスキヤナ手前に絞りを設け、レンズ後に設けた被加工物との間で像転写光学系を形成することを特徴とする請求の範囲第13項記
20 載のレーザ加工装置。

1 5. 第二のスキヤナのミラー径と、レンズから被加工物までの距離とから求められる開口数を0.08以上となるようにすることを特徴とする請求の範囲第14項記載のレーザ加工装置。

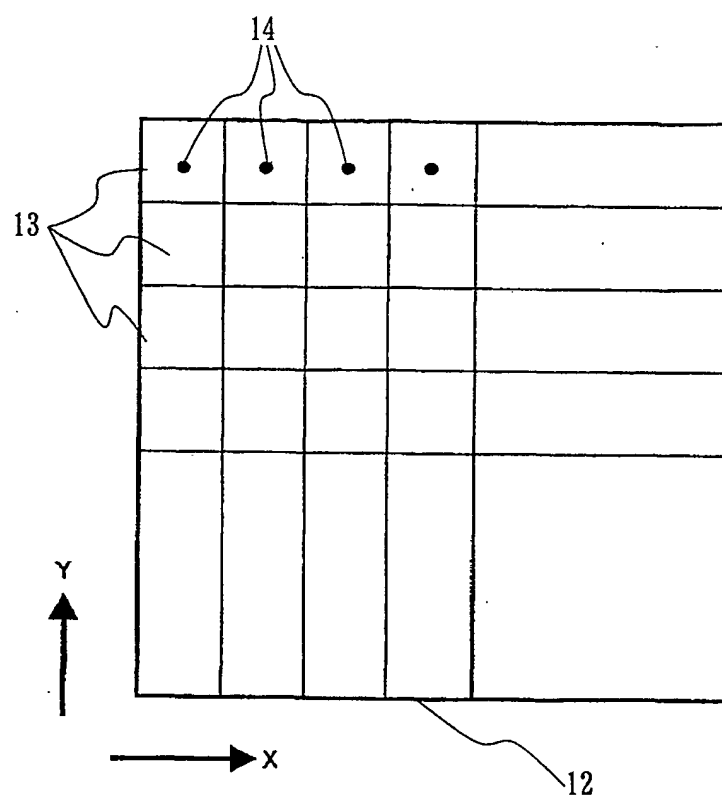
1 / 10

第1図



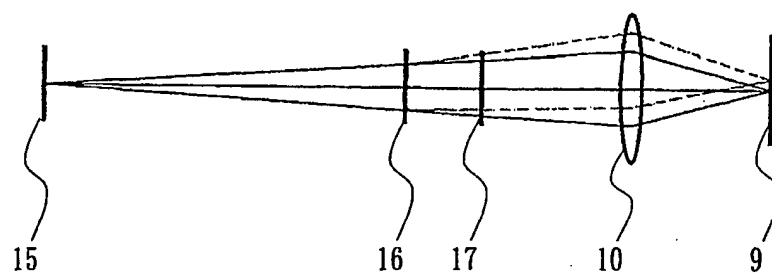
2/10

第2図



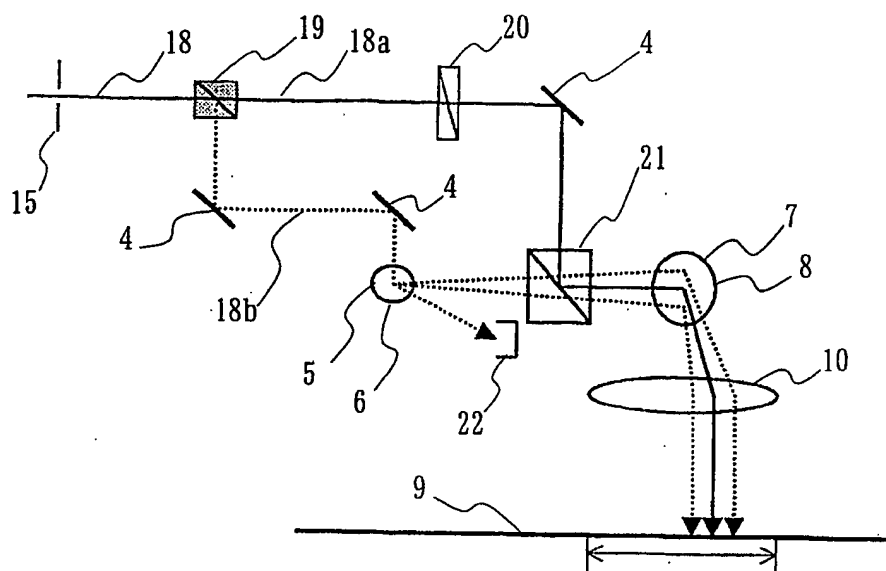
3 / 10

第3図



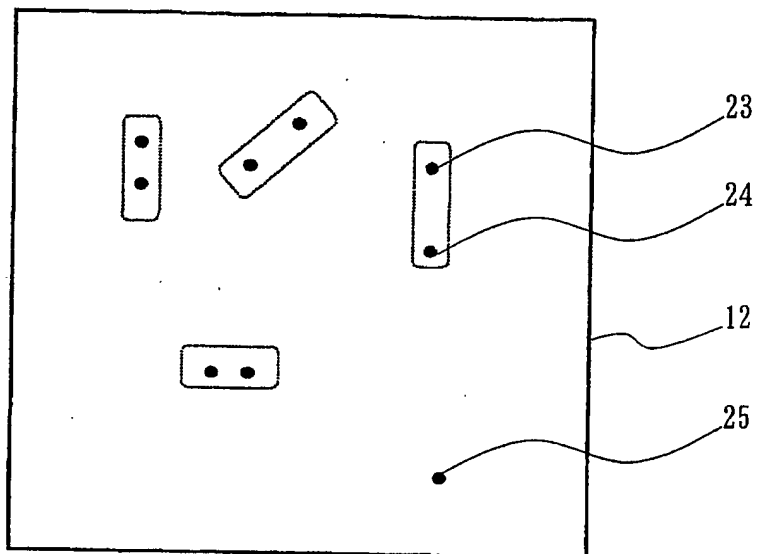
4 / 1 0

第4図



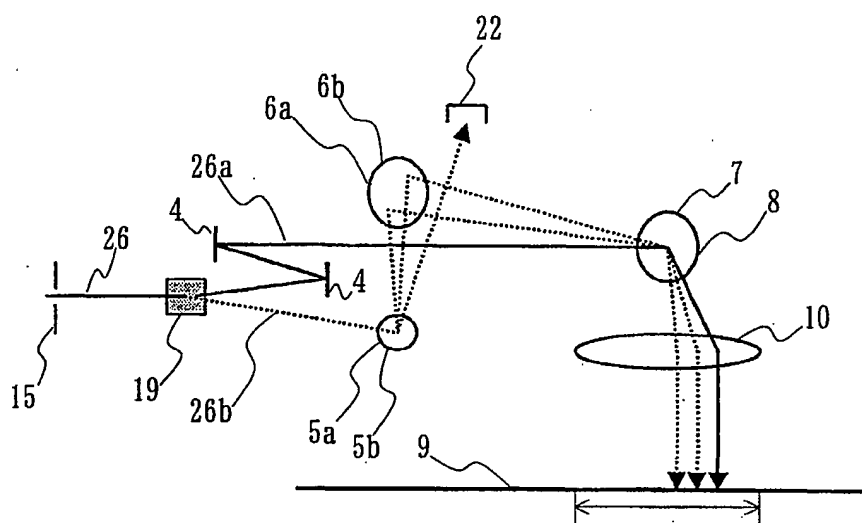
5 / 10

第5図



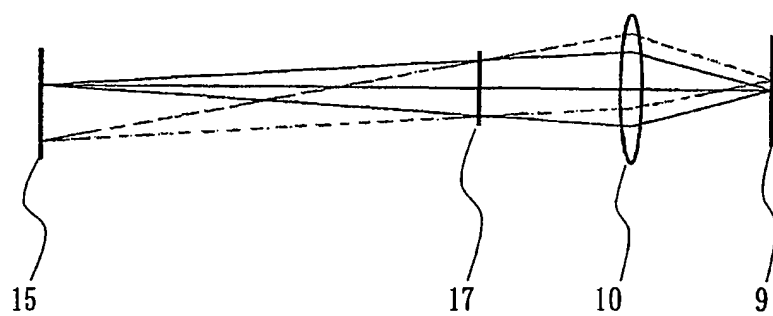
6 / 10

第6図



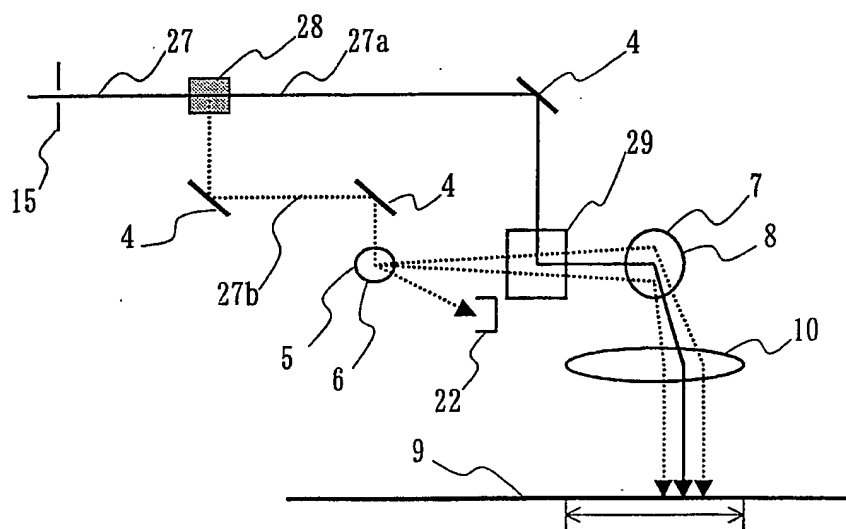
7 / 10

第7図



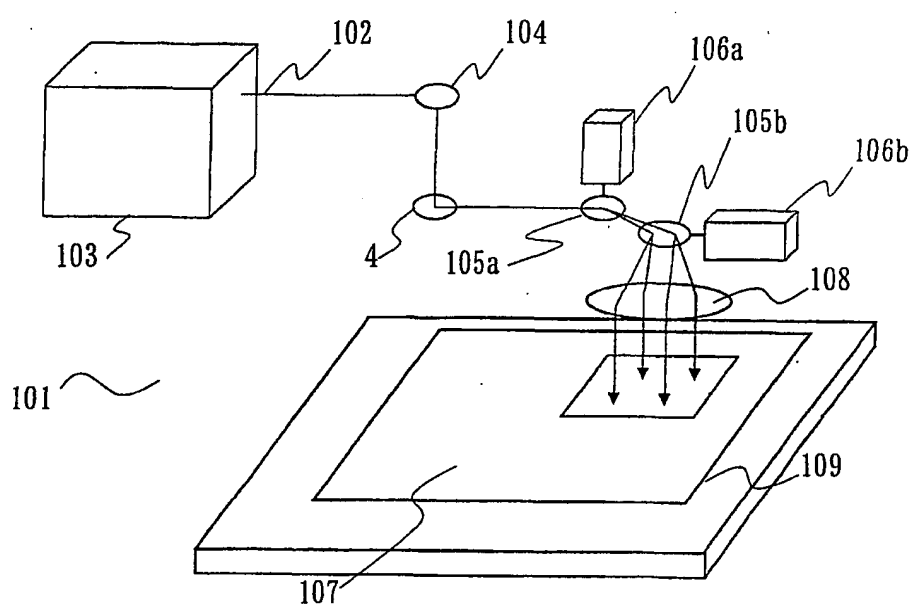
8 / 10

第8図



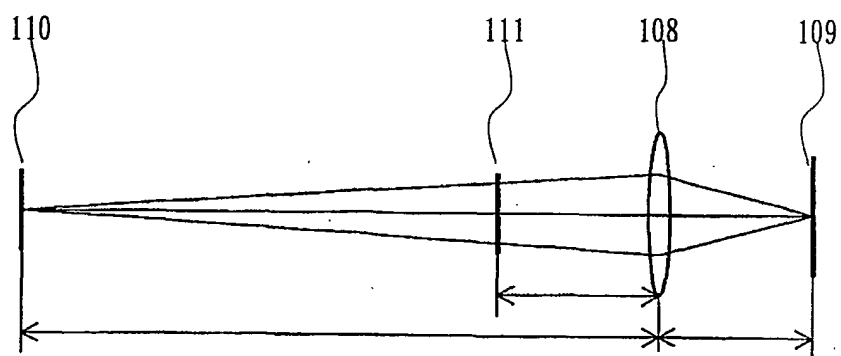
9/10

第9図



10/10

第10図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/06504

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ B23K26/067, 073

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ B23K26/067, 073

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 58-33803 A (NEC Corporation), 28 February, 1983 (28.02.83), page 2, upper right column, 2 nd line from the bottom to page 3, upper right column, line 1; Figs. 1 to 2 (Family: none)	1, 4, 2, 3, 5-15
A	JP 2-15887 A (Toshiba Corporation), 19 January, 1990 (19.01.90), page 2, lower right column, last line to page 5, upper left column, line 15; Figs. 1 to 2 (Family: none)	1-15
A	JP 2000-190087 A (Sumitomo Heavy Industries, Ltd.), 11 July, 2000 (11.07.00), column 2, line 40 to column 4, line 10 (Family: none)	1-15
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 26064/1987 (Laid-open No. 174314/1988), (NEC Corporation), 11 November, 1988 (11.11.98), Full text (Family: none)	1-15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention.
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
11 October, 2001 (11.10.01)

Date of mailing of the international search report
23 October, 2001 (23.10.01)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ B23K26/067, 073

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ B23K26/067, 073

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1926-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2001年
日本国実用新案登録公報	1996-2001年
日本国登録実用新案公報	1994-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X, A	JP 58-33803 A (日本電気株式会社) 28. 2月. 1983 (28. 02. 83) 第2頁右上欄下から2行-第3頁右上欄第1行, 第1-2図 (ファミリーなし)	1, 4, 2, 3, 5-15
A	JP 2-15887 A (株式会社東芝) 19. 1月. 1990 (19. 01. 90) 第2頁右下欄最下行-第5頁左上欄第15行, 第1-2図 (ファミリーなし)	1-15

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

11. 10. 01

国際調査報告の発送日

23.10.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

加藤 昌人

3P 9257

電話番号 03-3581-1101 内線 3362

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 2 0 0 0 - 1 9 0 0 8 7 A (住友重機械工業株式会社) 1 1. 7 月 . 2 0 0 0 (1 1 . 0 7 . 0 0) , 第 2 欄 第 4 0 行 - 第 4 欄 第 1 0 行 (ファミリーなし)	1-15
A	日本国実用新案登録出願 6 2 - 2 6 0 6 4 号 (日本国実用新案登録 出願公開 6 3 - 1 7 4 3 1 4 号) の願書に添付した明細書及び図面 の内容を記録したマイクロフィルム (日本電気株式会社) 1 1 . 1 1 . 1 9 8 8 (1 1 . 1 1 . 9 8) , 全文 (ファミリーなし)	1-15